

THESIS

MUNICH

1965

Experimentelle Untersuchungen
über die Verwendbarkeit von
Kunststoffen zum Trachea-Ersatz.

PETER F. M. NARDI



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. R. Zenker

Experimentelle Untersuchungen über
die Verwendbarkeit von Kunststoffen
zum Trachea-Ersatz.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Peter Franz Maria Nardi
aus Leverkusen
im Jahre 1965

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. Dr. phil. S. Karnbaum

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. R. Zenker

Dekan: Prof. Dr. med. O. Hug

Tag der mündlichen Prüfung: **13.7.1965**

Meinen lieben Eltern
in großer Dankbarkeit
gewidmet

Inhaltsverzeichnis.

A.Literatur	1
B.Einführung in die Arbeit	8
C.Experimenteller Teil	10
1.Methodik	10
2.Operationstechnik	14
3.Ergebnisse	15
Graphische Darstellung	19
Tabelle der Ergebnisse	20
D.Besprechung der Ergebnisse	24
E.Bildteil	33
F.Zusammenfassung	39
Literaturverzeichnis	40

Experimentelle Untersuchungen über die
Verwendbarkeit von Kunststoffen
zum Trachea-Ersatz

A. Literatur.

Die Bemühungen, Trachea-Defekte zu decken oder zu überbrücken lassen sich bis weit in das vergangene Jahrhundert hinein zurückverfolgen. Während bis zur Herstellung einigermaßen geeigneter Kunststoffe nur körpereigenes Material zur Transplantation verwendet werden konnte, bemühte man sich in den letzten Jahren immer wieder Kunststoffe zur alloplastischen Deckung heranzuziehen.

Soweit feststellbar, versuchte 1831 Dupuytren als erster den Verschuß eines Trachealdefektes mit Hilfe eines Fascientransplantates (11). Im Jahre 1873 erprobte Neudörfer (43) die Deckung mit einem gestielten Haut-Periost-Knochen-Lappen den er aus dem Kinn auf den Defekt klappte. Schon 1881 wurde dann an Hunden versucht nach Resektion eines größeren Stückes aus der Luftröhre die Trachealstümpfe mit einer End-zu-End-Anastomose zu vereinigen (Gluck und Zeller (20)). Die Ergebnisse dieser Versuche waren offensichtlich so gut, daß Kuester (33) drei Jahre später bereits die Durchführung einer End-zu-End-Vereinigung am Menschen wagte. Dieses Vorgehen brachte auch einen befriedigenden Erfolg.

Diesem Vorgehen sind ganz natürliche Grenzen gesetzt, sodaß man die Deckungsversuche weiterführen mußte. Um dem weichen Fasciengewebe oder auch Haut und anderem nicht starrem Gewebe den notwendigen Halt zu verleihen, war man bemüht Gewebe mit Knorpel oder Knochen zusammen zu verwenden.

1893 benutzte Photiades (44) einen Periostlappen der Clavicula noch ohne Knochen. König jun. bemühte sich mit Erfolg 1896 (31) Schildknorpel zu verwenden. Diese Methode hat den Vorteil, daß ein der Trachea sehr verwandtes Gewebe benützt wird. 1897 nahm dann Schimmelbusch einen Haut-Periost-Knochen Lappen vom Sternum (49). Weil Knorpel doch für die Trachea ein verträglicheres Gewebe zu sein scheint, benutzt v. Mangoldt (36) 1900 Rippenknorpel zusammen mit gestielter Halshaut. Im nächsten Jahr erprobte man dann zum

ersten Mal nicht körpereigenes Material. Grosse und Landerer (22) versuchten die Deckung von Trachealdefekten mit einem Silberdrahtnetz. Der Erfolg war aber offenbar nicht wie erwartet, da über diese Methode keine weiteren Berichte vorliegen. 1912 Levit (34) und vorher 1907 Hohmeier (24) benutzten mit guten Erfolgen freie Fascientransplantate. 1928 erscheint das Handbuch der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde von Denker und Kahler (60). In diesem Werk wird zusammenfassend folgendes Vorgehen empfohlen:

Kleine Trachealdefekte lassen sich ausreichend gut mit einem freien Fascientransplantat versorgen, das entspricht dem Vorgehen von König jr. und Hohmeier (31, 24). Größere Defekte lassen sich mit weichem, ungestütztem Material nicht versorgen. Man muß zur sicheren Versorgung Stützmaterial mit einbauen. Es empfiehlt sich hier also am besten die Methode von Schimmelbusch oder die v. Mangoldt's. (49, 36)

Bei manchen Autoren, vor allem in der amerikanischen Literatur, wird Taffel (55) als der Entwickler der Methode mit freien Fascientransplantaten bezeichnet. Er hat im Jahre 1940 die Levit'sche Methode wieder aufgegriffen. An diese Arbeit schließen sich viele an. Hierbei wird die Methode immer wieder andersartig abgewandelt.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit folgen hier zunächst die Autoren die körpereigenes Material verwendeten. Die Arbeiten derjenigen, die alloplastische Methoden angeben, werden am Schluß des Literaturteiles geschlossen referiert. Gebauer hat als erster versucht, an Stelle von Knochen oder Knorpel körperfremdes Stützmaterial zu verwenden. Er benutzte Hautlappen, die mit Draht verstärkt waren. Bei einer grossen Anzahl von Tuberkulosepatienten resezierte er tuberkulöse Bronchialstenosen und deckte die entstandenen Defekte mit seinem Transplantat. In mehreren aufeinanderfolgenden Arbeiten berichtet Gebauer laufend über seine Patienten und konnte einen schönen Erfolg aufzeigen. Auf Grund seines großen Patientengutes ist der Erfolg seiner Methode gut bewiesen. Gebauer hat sich auch immer wieder für diesen Weg eingesetzt und später auch noch die Verwendung von Fascientransplantaten empfohlen. (14, 15, 16, 17). Es handelt sich aber, das sei betont, um ein körpereigenes Ersatzmaterial. 1955 räumt Bikfalvi (2) dem Trachea-Ersatz nach Gebauer gegenüber den alloplastischen Kunststofftransplantaten die viel größere Bedeutung ein.

Neben dieser Methode werden auf diesem Gebiet der körpereigenen Materialien noch folgende Wege weiterbeschriftet:

1. Gestielter Pleuralappen (Brunner (6), Rassmussen (45) Matthes (39)). Die Pleuralappen können, wie das Rassmussen ausführt, sehr gut zur Abdichtung einer Trachealnaht verwendet werden. Ebenso Pericard (Brewer (5) und Riberi (47) und Periost (Holle (25)).
2. Fascientransplantat (Rathke (46), Matthes (38) Bramann (4)). Diese Methode ist nach Ansicht der Autoren nur eine Notlösung. Matthes und Bramann geben der
3. End-zu-End-Anastomose in jedem Fall den Vorzug. Matthes stellt auf einem Vortrag in Wien 1959 (40) fest, daß bei der End-zu-End-Anastomose die Möglichkeit der Reepithelialisierung am größten ist. Der Autor begründet das mit der operativen Technik, weil ja in diesem Fall nur eine Naht vorliegt. Bramann schließt sich zwei Jahre später diesen Ausführungen insoweit an, als er der End-zu-End-Anastomose den Vorzug gibt. In dem von ihm berichteten Fall mußte er aber dennoch zur Fasciendeckung greifen, da der Defekt zu ausgedehnt war. (4). Jahre vorher schon (1950 und 1955) haben Staudacher (52) und Metras (42) über diese Methode berichtet. Wie aber vor allem aus dem Bericht von Bramann hervorgeht (4), ist die Fasciendeckung nicht allzuoft anzuwenden, da meist doch größere Defekte vorliegen, sodaß man doch wieder auf die von Gebauer (14) angegebene Deckungsart übergehen mußte. Vielleicht ist diese Situation mit der Grund dafür, warum man sich auch schon mit den Trachea-Homotransplantaten Mühe gegeben hat. (Conolly (9), Jackson (30), Marragoni (37)). Leider waren diese Ergebnisse nicht wie erwartet. Jackson berichtet von drei Hunden, davon starben zwei schon nach einem Monat. Auch Marragoni berichtet von acht Mißerfolgen.

Auch Nahttechnik und Nahtmaterial für Operationen an der Trachea wurden eingehenderen Untersuchungen unterzogen. Dazu liegen zwei Arbeiten von Sperling vor. In der ersten Arbeit (50) glaubt Sperling, daß ein Zusammenhang zwischen Nahttechnik, Nahtmaterial und postoperativen Stenosenierungen besteht. In der zweiten Arbeit (51) ist aber dann festgestellt, daß doch nur Chromcat als Nahtmaterial in Frage kommt.

Chromcat hat nach Auffassung des Autors gegenüber Seide oder Cat die günstigsten Eigenschaften, da es zwar resorbiert wird, aber doch nicht so schnell wie Cat. Dadurch wird die Anastomose dicht bis dann auch Chromcat resorbiert wird.

Schließlich sei noch auf eine zusammenfassende Arbeit über das soeben abgehandelte Kapitel der Trachealprothetik hingewiesen. Giordani hat 155 Arbeiten zusammengetragen und besprochen (19).

Trachealprothetik mit nicht körpereigenen Materialien

(auch in Verbindung mit organischem Gewebe)

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die Literatur in verschiedene Gruppen unterteilt:

I. Gruppe.: Prothesen aus Metalldraht.

Belsey kombinierte die von Levit eingeführte und von Taffel vervollständigte Methode der Trachealprothetik mittels einer Fascie mit einer Drahtverstärkung. Der Draht stützt die zu schlaffe Fascie. Der Autor berichtet von zwei erfolgreichen Fällen (1). Carter und Strieder versuchten den Ersatz beziehungsweise die Abdeckung von Defekten mit Hilfe einer Kombination von Tantalgaze und Pleuralappen. Die Autoren berichten in diesem Zusammenhang von drei Fällen. Dabei machten sie die Beobachtung, daß die Ergebnisse besser werden, wenn man die Prothesen in die Trachealstümpfe einschiebt. In der gleichen Arbeit wird von den guten Möglichkeiten der End-zu-End-Anastomose berichtet. Dieser Weg wurde viermal beschritten. (8). Cahan hatte einen guten Erfolg an einem Patienten. Er baute eine Prothese aus Tantalnetz und fascia lata ein. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung (1952) hatte der Patient die Operation bereits 16 Monate überlebt (7). Nur mit Metall, nämlich mit Drahtspiralen aus nicht rostendem Material, stellte Römer Versuche an. Er berichtet davon auf dem deutschen Chirurgenkongress 1961 in München (48). Die Drahtspiralen sollen ein Gerüst für eine nachfolgende Reepithelialisierung im Verlauf der zu ersetzenden Strecke geben. Der Erfolg dieser Methode ist mit Bildern dargestellt.

2. Gruppe.: Prothesen aus harten und starren Materialien (Glas, Metallröhren, harte Kunststoffe.)

1948 erscheint eine Veröffentlichung von Grindlay. Hier werden die verschiedensten Kunststoffteile aus Polyethylen zur Verwendung in der Chirurgie dargestellt. Diese Prothesen sind jeweils für ein bestimmtes Organ gedacht und in ihrer Ausführung daraufhin zugeschnitten. Bezüglich der Trachealprothetik werden zwei verschiedene Formen beschrieben. Die eine Form soll als Stütze bei End-zu-End-Anastomosen dienen. Es handelt sich um ein Rohr, das in der Mitte auf seiner Außenwand einen Wulst besitzt, an dem die Trachealenden befestigt werden können. Die Prothese, die zum Ersatz gedacht ist, besitzt an jedem Ende je einen Wulst. Diese Wülste sollen an jedem Trachealende in einen Knorpelzwischenraum einrasten und so dann vermittels einer Naht an die Trachea

fixiert werden. Es liegen in der Arbeit genaue Abbildungen der betreffenden Formen vor (21). Während Grindlay die harten Kunststoffe sehr empfiehlt, kommen Staudacher und Sandri zu einem negativen Ergebnis. Diese Autoren überprüften die Verwendbarkeit von Glas oder Vitallium. Die Ergebnisse waren aber nicht befriedigend. In der gleichen Arbeit wird die Verwendung von ausstülpenden U-Nähten bei Trachealnähten und deren Abdichtung mit Gelatine oder Fascie sehr empfohlen (53). (Hier sei noch kurz auf die Arbeit von Hanlon verwiesen, der Gelatineschwamm verwendete (23)). An Hunden prüften Ghiringelli und Mitarbeiter eine Prothese, die aus Polyethylenringen bestand, um die dann noch eine Manchette gleichen Materials gelegt wurde. Die Ergebnisse waren gut. In einem hohen Prozentsatz überlebten die Versuchstiere die Operation 12 - 15 Monate (18).

3. Gruppe.: Prothesen aus nicht selbsttragenden, flexiblen Kunststoffen

(Nylon, Ivalon, Dacron, Teflon)

a) Nylon.

Dor und Mitarbeiter stellten 1951 Versuche mit Nylon in Verbindung mit Amnion an. Das Amnion bildete eine gute Grundlage für eine sichere Reepithelialisierung der Prothesenstrecke (10). Auf dem deutschen Chirurgenkongress 1952 berichtet Holle von seinen Bemühungen mit Nylon-Fascie Kombinationen. Es ist ihm jedoch nicht gelungen mehrere Segmente der Trachea ganz zu ersetzen. (26). Holle ist auf diesem Gebiet weiter tätig geblieben und veröffentlichte zusammen mit seinen Mitarbeitern 1956 eine größere Arbeit über die Grenzen und Möglichkeiten der Trachealplastik. Die Autoren stellten an 12 Hunden Versuche an. Neben der Verwendung von Kunststoffen berichten die Autoren noch von Homoplastik und von Konserventransplantaten. Als kunststoff kam Nylonnetz in Röhrenform zur Anwendung. Schließlich kam noch eine Kombination von Nylon und Fascie in Gebrauch. Die Homotransplantate und das Konservenmaterial sind wegen ihrer hohen Schrumpfungstendenz ungeeignet. Die Verwendung von Kunststoff führte zu folgenden Schwierigkeiten der Ersatz der ganzen Circumferenz ist praktisch nicht möglich. Es kommt zu Stenosen, vor allem an der oralen Naht, zum Abrutschen der Prothese, zu Blutungen, Mediastinitis und Pleuraempyem. Die Ergebnisse werden bei der Verwendung von Fascie besser. Es tritt eine Reepithelialisierung ein. Leichter durchführbar ist die Deckung von Fensterdefekten (29). Bornemisza kann 1961 von bedeutend besseren Ergebnissen mit

Nylonprothesen im Hundeversuch berichten. Die Versuche wurden an 30 Hunden durchgeführt. Die Prothese besteht aus einer röhrenförmigen Spiralfeder, die mit einem Nylonnetz überzogen ist. Vor dem Einbau wird die Prothese in Blut eingelegt und dann mit Thrombofort bespritzt. Dadurch erreichte der Autor eine Abdichtung der Prothesenwände. Es ereigneten sich keine postoperativen Komplikationen. Alle Versuchstiere erreichten die vorausgeplante Überlebenszeit. Von einer Verwendung dieser Methode am Menschen wird jedoch nicht berichtet. (3)

b) Ivalon-Prothesen.

Yasargil und sein Mitarbeiter wollten Ivalon, das auf ein besonderes Stützrohr aufmontiert wurde, zum Trachealersatz verwenden. Auch am Oesophagus wurde diese Methode geprüft. In einer zweiten Arbeit berichtet Yasargil aber von Mißerfolgen und kommt zu dem Schluß, daß Ivalon in dieser Hinsicht nicht sehr brauchbar ist (58, 59).

c) Dacron-Prothesen.

Mit Dacron arbeiteten Voena und Maritano. Die Versuche wurden an fünf Hunden durchgeführt. Aufteilung in zwei Gruppen. Gruppe A drei Hunde, an denen die Prothese mit Eversion der Schleimhaut eingebaut wurde. Gruppe B ohne Eversion der Schleimhaut. Die Prothese bestand aus Dacron, das mit nichtrostenden Stahlringen verstärkt wurde. Die Pars membranacea wurde bei der Operation erhalten. So sollte eine Retraction der Schleimhaut verhindert werden. Nach der Resection von zwei Knorpelspangen wird an jedem Trachealstumpf die Schleimhaut nach außen umgeschlagen und die Prothese auf die Stümpfe aufgeschoben. Von der Gruppe A hatten zwei Tiere (von drei) nach zwei bis drei Monaten noch keine Beschwerden. Die Tiere der Gruppe B starben nach 10 beziehungsweise 15 Tagen (56).

d) Teflon-Prothesen.

Es liegen folgende Arbeiten vor:

Ekeström: 1956 und 1959. (12, 13)

Stipa: 1960. (54)

Kothe: 1961. (32) Verwendung von Teflon am Oesophagus.

Ekeström setzt sich zunächst ganz allgemein mit den Anforderungen auseinander, die an eine Trachealprothese gestellt werden müssen. Anschließend diskutiert er die möglichen Indikationen zum Trachealersatz. Im

dritten Kapitel der Arbeit werden verschiedene Kunststoffe als Stützmaterial besprochen. In seinen Experimenten benützt der Autor Teflon. Es erscheint biologisch "inert" zu sein und besitzt gute physikalische Eigenschaften, die es nur zu einem ganz geringen Teil bei der Verwendung einbüßt. Das Teflon wird zusammen mit körpereigenem Material verwendet. In der Diskussion der Ergebnisse spricht der Autor von einem guten Erfolg der Methode, da Teflon durchaus in der Lage ist die Wandfestigkeit aufrechtzuerhalten. Obwohl keine Reepithelialisierung nachgewiesen werden konnte, war der Luftdurchtritt durch das Prothesenlumen sehr lange Zeit gewährleistet. Schwierigkeiten treten nach Ansicht des Autors nur dann auf, wenn die Technik schlecht ist, wie das zu Anfang seiner Experimente der Fall war. Seiner Meinung nach treten Stenosen an den Anastomosen durch Nachlassen der Spannung der Prothese auf (12).

In der später nachfolgenden Veröffentlichung berichtet der Autor dann über die Anwendung seiner Prothese am Menschen. Die Ergebnisse an den Patienten werden als gut bezeichnet. Zwei von drei Patienten sollen die Prothese gut vertragen haben (13).

Stipa und Mitarbeiter machten Versuche an 29 Hunden. Sie entfernten die Trachea in einer Länge von zwei cm. Der Defekt wurde dann mit äußerer Haut gedeckt, wobei Teflon als Stütze diente. Die Überbrückungsversuche sind fehlgeschlagen. Es kam zu Stenosen und Insuffizienzen. Das Teflon erfüllte nicht die gestellten Erwartungen. Man wollte damit das Lumen der neugebildeten Trachea offenhalten.

Kothe berichtet am Deutschen Chirurgenkongress 1961 in München von guten Erfolgen bei der Prothetik am Oesophagus mit Teflon. Auch in dieser Arbeit wurde Teflon nur in Verbindung mit körpereigenem Material verwendet.

Keiner der genannten Kunststoffe wurde also bisher ganz allein zur Trachealprothetik verwendet.

B. Einführung in die Arbeit.

Ziel der Arbeit war, die Verwendbarkeit verschiedenartiger Prothesen aus Dacron und Teflon für den Ersatz der cervicalen Trachea zu untersuchen.

Operativ bieten sich am Halsteil der Luftröhre keine experimentellen Schwierigkeiten. Die Trachea liegt am Hals sehr oberflächlich direkt hinter der oberflächlichen Halsmuskulatur. In unmittelbarer Nähe verläuft lediglich dorsal der Oesophagus und lateral die großen Gefäß-Nervenbündel mit der A.carotis communis, der V. Jugularis profunda und in einer eigenen Scheide der N. Vagus. Arteriell wird der Halsteil der Trachea von Ästen der Aa.thyreoideae inf. versorgt. Der venöse Abfluß erfolgt über die Vv.thyreoideae inf. Die zahlreichen Lymphgefäße münden in eine Lymphknotenkette, die seitlich der Trachea anliegt.

Tabelle I: Aufteilung der Versuchsgruppen.

Versuchsgruppe	Prothese (Lagebeziehung zu Trachea an den Anastomosen	Versuchs-Nr.
A	Dacron auf PVC-Rohr (Prothese über Trachea)	I; 2.
B	Teflon auf PVC-Rohr (Prothese in Trachea)	9; II; I2; I3; I4;
C	Teflon auf Drahtspirale (Prothese über Trachea)	5; 8.
D	Teflon auf Drahtspirale (Prothese in Trachea)	3; 4; I5.
E	Teflon auf Rohr aus Drahtnetz (Prothese in Trachea)	I9; 20; 2I.
F	Teflon auf Rohr aus Drahtnetz (End-zu-End)	I7; I8.
G/a)	Teflon deckt Trachea- Fenster	7; I0; I6.
G/b)	Teflon ohne Stütze	o.

C. Experimenteller Teil.

I. Methodik.

Die Versuche wurden an 21 meist männlichen Bastardhunden durchgeführt. Das Alter der Tiere war uns nicht genau bekannt. Alle Versuche wurden in Vollnarkose durchgeführt. Zur Vorbereitung gaben wir 0,2 mg Morphin/kg Körpergewicht. Die Narkose leiteten wir mit Pentothal ein. Während der Operation gaben wir mit Hilfe der Intubation ein Lachgas-Sauerstoffgemisch im Verhältnis 2 : 1. Außerdem erhielten die Tiere eine Infusion von je 500 ml Invertzucker und Makrodex, unter Zusatz von Reverin i.v. (Dosierung für Hunde 100 µg pro 10 kg Körpergewicht).

Nach der Art der Prothesen wurden die Tiere in verschiedene Versuchsgruppen eingeteilt, die aus Tabelle I zu entnehmen sind. Aus dieser Tabelle ist schon ersichtlich, daß wir die experimentell gesetzten Defekte nur mit Kunststoffen, ohne zusätzliche Verwendung von körpereigenem Material, deckten (siehe auch Zeichnung I).

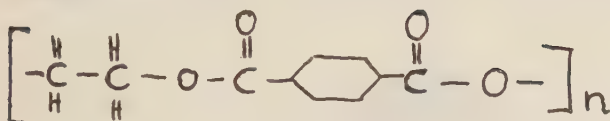
Aus der großen Anzahl der heute zur Verfügung stehenden Kunststoffe erschien das in der Gefäßchirurgie bereits bewährte Dacron und das Teflon, das in der Herzchirurgie sehr viel Anwendung findet, sehr geeignet. Beide Materialien, vor allem das Teflon, erfüllen wichtige technische wie auch biologische Erwartungen.

Um einen brauchbaren Transplantationserfolg zu erreichen, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- 1) Stabilisation der Prothese, um eine unbehinderte Respiration zu gewährleisten.
- 2) Verhinderung von Luftaustritt durch die Prothese, um das volle Respirationsvolumen zu erhalten und um den Austritt von Bakterien in das Operationsgebiet zu verhindern.
- 3) Verhinderung einer Stenosierung oder Nahtinsuffizienz an der Anastomosenstelle.
- 4) Der Einbau der Prothese kann dann als erfolgreich bezeichnet werden, wenn der Kunststoff von Granulationsgewebe aus der Umgebung durchsetzt ist.

Technische Angaben:

Dacron



Schmelzpunkt
(°C)

250

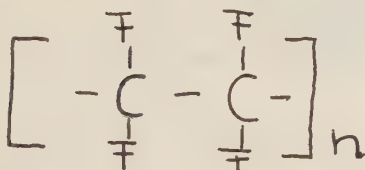
Reißfestigkeit
(kg/mm²)

44 - 87

Elastizitätsmodul
(kg/mm²)

450 - 1500

Teflon



Schmelzpunkt
330 (°C)

Reißfestigkeit
33 (kg/mm²)

Elastizitätsmodul
330 (kg/mm²)

Beide Kunststoffe nehmen praktisch kein Wasser auf.

Zur Stabilisierung wurden benutzt:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1) Polyvinylchlorid-Röhren (PVC): | Versuchsgruppe A und B. |
| 2) Drahtspiralen: | Versuchsgruppe C und D. |
| 3) Röhren aus Drahtgitter: | Versuchsgruppe E und F. |

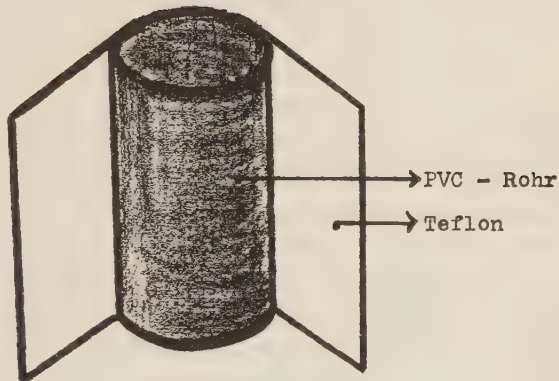
Auf die PVC-Röhren konnten Dacron und Teflon aufgeklebt werden. Auf die Drahtgitterröhren und die Drahtspiralen wurden die Kunststoffe mittels atraumatischem Nahtmaterial (Stärke 0) angenäht (Zeichnung 1)

Die Abdichtung der Prothesenwände erfolgte während der Operation.

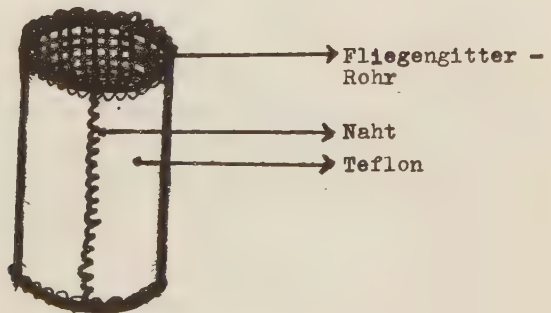
Wir benutzten dazu Thrombinum purum "Behringwerke". Dieses wurde mit einer feinen Kanüle, nach dem Einbau in die Trachea, auf die mit etwas Blut getränkten Prothesenwände aufgespritzt. Damit läßt sich eine sichere Abdichtung der Nähte und der Prothese erreichen, da das

Thrombin zusammen mit dem Blut, entsprechend dem physiologischen Vorgang der Blutgerinnung, einen Fibrinfil~~m~~ bildet.

Zeichnung 1



Auf ein PVC-Rohr wird das Teflon aufgeklebt. (Gruppe B).



Auf ein Rohr aus Drahtnetz wird das Teflon aufgenäht. (Gruppe E;F).

An die Stelle des Drahtnetzes kann auch eine Drahtspirale treten. Das Teflon wird in gleicher Weise befestigt. (Gruppe C;D).

2. Operationstechnik.

Die Trachea wurde in typischer Weise in ihrer cervicalen Verlaufsstrecke freigelegt und in einer Ausdehnung von etwa 10 cm ringsum vollständig mobilisiert. Je nach Art des Versuches wurde entweder ein etwa 5 cm langes Stück knapp distal vom Kehlkopf beginnend aus der Trachea reseziert, oder wir entfernten drei Knorpelspangen so, daß ein quadratischer Fensterdefekt entstand. Die Entfernung des Trachealgewebes erfolgte stets mit dem Thermocauter um eine sofortige Blutstillung in den Zwischenknorpelräumen zu erreichen.

Im Anschluß an die Resection erfolgte die Überbrückung des Defektes. (Aus Tabelle I ist die Lagebeziehung der Prothese zur Luftröhre ersichtlich). Die Anastomosennaht zwischen Prothese und Trachea erfolgte fast in allen Fällen durch eine fortlaufende atraumatische Seidennaht (Stärke 00). Lediglich bei den Versuchen der Gruppe F legten wir eine typische Blalocknaht an. Nach Abschluß der Überbrückung konnte das Tier sofort wieder durch den Tubus weiterbeatmet werden. Die Prothesenwände und die Nahtstellen wurden zum Abschluß mit Thrombin besprüht um eine vollständige Abdichtung des Gebietes zu erreichen.

Bei den Fensterdefekten der Gruppe G wurde in genau der gleichen Weise verfahren wie eben beschrieben. An Stelle der Prothese legten wir in Höhe der Fensterungsstelle um die Trachea eine Teflonmanchette, wobei diese Manchette durch eine ventrale, fortlaufende atraumatische Seidennaht (Stärke 0 oder besser I) fest zu einem Rohr vereinigt wurde. Zusätzlich fixierten wir das Teflon noch entlang der Defektstelle ebenfalls mit atraumatischer Naht (Stärke 00). Bei allen Versuchen wurde dann die ventrale Halsmuskulatur sehr sorgfältig über der Resektionsstelle durch eine Catgutnaht wieder vereinigt. Bei der Hautnaht ist eine intracutane Nahttechnik vorzuziehen, um einer Infektion durch die sonst entstehenden Hautstichkanäle vorzubeugen. Eine weitere Infektionsprophylaxe ist die Zugabe von Reverin zur Infusion, wie schon weiter oben beschrieben. Darüber hinaus empfiehlt es sich auch postoperativ Antibiotika in größerer Menge (5 - 10 Millionen Einheiten als Depot über zwei Wochen hin) zu geben.

3. Ergebnisse.

a) Postoperativer Verlauf:

Zur Auswertung kommen 19 Versuche. Die Versuchstiere Nr. 4 und Nr. 8 starben unmittelbar nach der Operation infolge eines Narkosefehlers.

Gegen Ende der ersten Woche, die alle Tiere überlebten, trat bei vielen Tieren ein leichter Husten auf. Die Hustenanfälle verstärkten sich in den darauffolgenden Wochen und nahmen erst am Ende des ersten Monats wieder ab. Lediglich bei den Fensterversuchen war nie ein ausgeprägter Hustenanfall zu beobachten.

Bei fast allen Tieren trat postoperativ eine Fistelbildung auf. Gewöhnlich handelte es sich dabei um eine Tracheodermalfistel. Die Fisteln schlossen sich innerhalb von vier bis sechs Wochen. Die Entstehung der Fisteln war durch kleinere Nahtinsuffizienzen, die ansonsten den Erfolg der Operation nicht beeinträchtigen, und durch kleine Sekundärinfektionsherde im Inneren des Operationsgebietes bedingt.

Die Versuchstiere, die vorzeitig starben, hatten meist einige Tage zuvor schon eine schwere Pneumonie. Diese Pneumonie war schon klinisch unschwer zu erkennen, sie konnte auch durch die Sektionsbefunde und die Histologie bestätigt werden. Es soll noch erwähnt werden, daß die Versuchstiere Nr. 16 und 17 an den Folgen einer Stallinfektion (Nasenstaupe ?) starben. Diese Infektion war auch hohe Dosen Antibiotika nicht zu beherrschen.

Überlebensdauer der Versuchstiere: Tabelle 2

Versuchstier Nr.	Tage	Gestorben	Getötet
I	I6		+
2	I8	+	
3	I00	+	
5	I6	+	
6	I7	+	
7	20		+
9	40		+
I0	I2		+
I1	I20		+
I2	25	+	
I3	I1	+	
I4	35		+
I5	40	+	
(I6)	27	+	
(I7)	9	+	
I8	I6	+	
I9	70	+	
20	I08	+	
21	50	+	

Aus der Tabelle 2 ist ersichtlich, daß 13 Versuchstiere gestorben sind, während 6 Tiere im Rahmen der Versuche getötet wurden. Die Tiere () starben auf Grund eines Stallinfektes!

b) Sektionsbefunde:

Bei jeder Sektion entnahmen wir die gesamte cervicale Trachea zusammen mit dem Oesophagus, in jedem Fall besichtigten wir außerdem die Thoraxorgane.

Bei keinem Präparat war eine Oesophagotrachealfistel nachweisbar. Nach Entfernung der Speiseröhre vom Präparat wurde die Trachea an ihrer Dorsalseite der Länge nach aufgeschnitten um eine vollständige Übersicht über das Prothesengebiet zu bekommen.

Es ergaben sich dabei folgende Befunde:

- 1) Häufig (sechs Mal) bestand an der oralen Nahtstelle zwischen Trachea und Prothese eine, verschieden stark ausgebildete, Stenose.
- 2) Nahtinsuffizienzen traten vor allem bei den Versuchstieren auf, bei denen zur Stützung des Kunststoffes ein PVC-Rohr (Gruppe B) benutzt worden war.
- 3) Tracheodermalfisteln waren meist durch Nahtinsuffizienzen bedingt. Drei Mal waren Fisteln auch nur durch subcutane Fadeneiterungen verursacht und standen in keinem Zusammenhang mit einer Nahtinsuffizienz an der Trachea.
- 4) Sechs Mal bestand eine Pneumonie. Bei diesen Tieren fand sich stets eine erhebliche Stenosierung des Tracheallumens an der oralen Nahtstelle (vor allem Gruppe B).

c) Histologie:

Die Präparate, die der histologischen Verarbeitung zugeführt wurden, fixierten wir in 5% igem Formalin.

Die Anfertigung der Schnitte verdanken wir Herrn Prof. Döntenwill vom Pathologischen Institut der Universität München.

Das Schneiden der Präparate mit dem Kunststoff war sehr schwierig. Es ist leider nicht in allen Fällen gelungen den Kunststoff in den Schnitten mitzuerhalten. Die Präparate wurden zum Schneiden in Paraffin eingebettet. Die Schnittstärke betrug ca 10µ. Die Färbung erfolgte mit Hämatoxylin-Eosin. Der Kunststoff färbte sich nicht mit an.

Ergebnisse:

In den Schnitten, in denen der Kunststoff erhalten blieb, ist ein Einbau des Kunststoffes in die Umgebung deutlich festzustellen. Die einzelnen Kunststofffasern sind von reichlich Granulationsgewebe eingescheidet. Dieses Gewebe sproßt von der Umgebung aus in den Kunststoff ein.

Die makroskopischen Befunde der Pneumoniefälle fanden durch die Histologie in allen Fällen ihre Bestätigung. Darüber hinaus waren keine weiteren Lungenkomplikationen mehr feststellbar. Ihrem Charakter nach müssen die Pneumonien als schwere Indurationspneumonien angesprochen werden.

Tage

120

110

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

 = Getötet

 = Gestorben

F

A

C

D

B

E

Versuch 17, 18

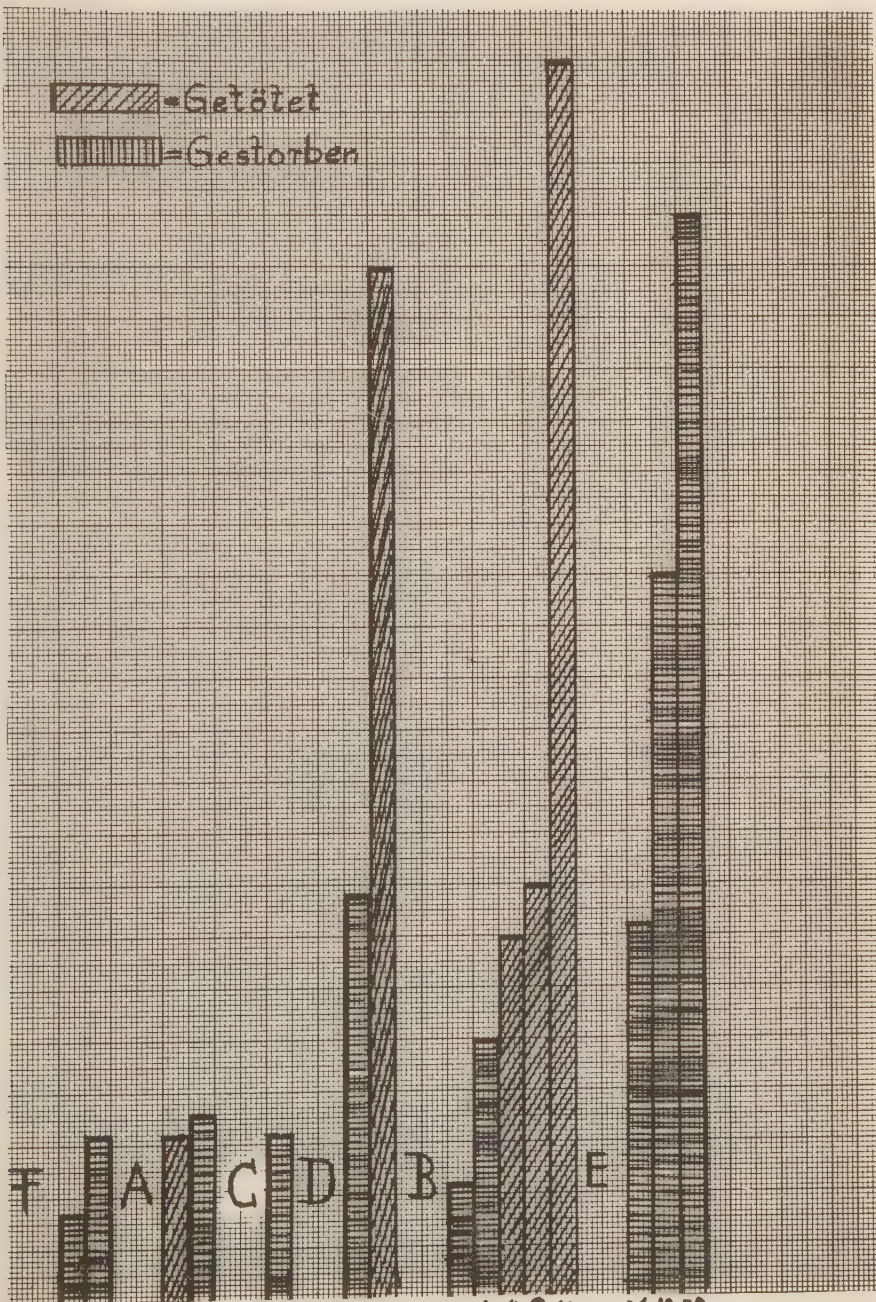
1, 2

5

15, 3

13, 12, 14, 9, 11

21, 19, 20



Versuchsgruppe	Nr.	Postoperatives Geschehen		
(Lagebeziehung Prothese - Trachea. Material).		Tage	Verlauf	Besonderes
A (über Trachea. Dacron auf PVC-Rohr)	1	16	Husten, Stridor. Nach leichter Sedierung Be- ruhigung.	-
	2	18	Schwerer Infekt (Staupe?) Kein Husten. Kleine Fistel.	-
B (in Trachea. Teflon auf PVC-Rohr)	9	40	Starke Fistel. Am Ende des 1. Monats ver- schliesst sich die Fistel.	Am 18. Tag Tracheoskopie: Prothese nicht abgerutscht.
	11	120	Kein Husten. Am Ende des 3. Mo- nats Verdacht auf starke Stenose.	Am 100. Tag Tracheoskopie: Leichte orale Stenose nicht sicher auszu- schliessen.
	12	25	Das Tier war vor der Operation schon recht schwach und ver- fiel immer mehr.	Mehrmals i.v. Traubenzucker.
	13	11	Kein Husten	
	14	35	Kein Husten	-
C (über Trachea. Teflon auf Drahtspirale)	5	16	Kein Husten. Immer stark verschleimt.	Am 6. Tag ab- gesaugt.

Sektionsergebnis

Todesursache	Makroskopisch	Histologisch
Getötet	Orale Stenose	Guter Einbau des Kunststoffes.
Stallinfekt.	Orale Stenose. Leichte Nahtinsuffizienz an der oralen Naht.	Kunststoff im Schnitt nicht erfasst.
Getötet	Starke Einengung des Tracheallumens durch Stenose an der oralen Naht. Eine Nahtinsuffizienz lässt sich nicht sicher ausschliessen.	-
Getötet	Keine stärkere Stenose. Der Defekt ist vollkommen überbrückt. Prothese hat sich gelöst und so wohl den starken expiratorischen Stridor ausgelöst.	-
Infolge starker körperlicher Schwäche gestorben	Totale Nahtinsuffizienz an beiden Anastomosen. Keine Stenose.	Kunststoff nicht erhalten.
Ersticken infolge Nahtinsuffizienz an beiden Nähten	Schwere Infektion. Totale Nahtinsuffizienz.	Nahtinsuffizienz.
Getötet	Stenose mässigen Grades an der oralen Naht. Keine Pneumonie.	-
Gestorben. Starke Dyspnoe.	Prothese gut eingeheilt. Keine Nahtinsuffizienz. Orale Stenose.	Kunststoff gut eingebaut.

Versuchsgruppe	Nr.	Postoperatives Geschehen		
		Tg.	Verlauf	Besonderes
D (in Trachea. Teflon auf Drahtspirale)	3	100	Fistel. Husten. Diese verschwin- den nach 2 Mona- ten. Ab 90. Tag Zeichen einer Pneumonie.	-
	15	40	Leichter Husten. Am Ende des 1. Monats Rhinitis. Starker Verfall.	-
E (in Trachea. Teflon auf einem Rohr aus Draht- maschennetz)	19	70	Der Verlauf war stets zufrieden- stellend. Keine Komplikation.	<u>Intracutannaht.</u>
	20	108	Immer wieder leichter Husten.	<u>Intracutannaht.</u>
	21	36	Verlauf zufrie- denstellend.	<u>Intracutannaht.</u>
F (End- zu End) (Teflon in einem Rohr aus Draht- maschennetz)	17	9	Tier erholt sich nicht mehr.	-
	18	16	Tier erholt sich nur schlecht.	-
G/a.) (Deckung eines Fensterdefekts)	7	20	Kein Husten. Gut.	-
	10	12	Gut. Leichter Husten.	-
	16	27	Kein Husten. Gut.	Am 20. Tage Beginn eines Stallinfektes.
G/b.) Ersatz mehrerer Trachealsegmente ohne Stütze des Kunststoffes	6	17	Zunächst gut. Später deutli- che Zeichen einer totalen Stenose..	-

Todesursache	Makroskopisch	Histologisch
'Tod infolge schwerster Pneumonie.	Prothese abgerutscht. Fibrinöses Gewebe hat die Resektionsstelle überbrückt. Stenose orale Naht.	-
Stallinfekt.	Wie bei vorigem Versuch. Aber keine Fistel und Stenose.	-
Gestorben.	Keine Fistel. Völlig sauberes Operationsgebiet. Die Stütze der Prothese ist zusammengedrückt. Das Tier ist erstickt.	-
Gestorben.	Keine Fistel. Völlig sauberes Operationsgebiet. Prothese zusammengedrückt.	-
Gestorben.	Keine Fistel. Völlig sauberes Operationsgebiet.	-
Die Naht ist völlig ausgerissen. Ungeeignete Nahttechnik.	ungeeignete Nahttechnik.	-
Wie bei Versuch 17!	Wie bei Versuch 17!	-
Getötet.	Stenose durch überschliessendes Granulationsgewebe.	Schnitte längs und quer: Kunststoff mittels Granulationsgewebe gut eingebaut.
Getötet.	Nähte gut. Keine Stenose.	Kunststoff gut eingebaut.
Infolge Stallinfekt. gestorben.	Nähte gut. Keine Stenose.	Auf Histologie verzichtet.
Gestorben. Tod durch Ersticken.	Nicht möglich.	-

D. Besprechung der Ergebnisse.

1. Einbau der Kunststoffe in das Gewebe.

Teflon und Dacron werden bei der Verwendung als Trachealersatz in das umgebende Gewebe durch Granulationsgewebe gut eingebaut. Unsere histologischen Ergebnisse erbringen dafür sichere Beweise.

Schon nach 14 Tagen lassen sich Granulationsfasern nachweisen, die das Kunststoffgewebe gitterartig, von der Umgebung her einsprossend, umziehen. Spätestens nach 40 Tagen ist ein fünf cm langer circularer Defekt von außen her durch organisiertes Gewebe, auch makroskopisch sichtbar, ausreichend gedeckt. Die Nahtstellen sind dann dabei nicht mehr nachweisbar. (Versuch 9). Wenn es in den ersten Wochen gelingt, die Prothese am Abrutschen von der Resektionsstelle zu hindern, ist diese Rekonstruktion durch Granulationsgewebe ausreichend, um verlorengegangenes Trachealgewebe zu ersetzen.

In einigen Fällen, bei denen die verhältnismäßig starren PVC-Rohre zur Stabilisierung der Prothese verwendet wurden, kam es zum Abrutschen der Prothese. Seit der Verwendung von Drahtnetzröhren zur Stabilisierung ist diese Gefahr weitgehend herabgesetzt.

2. Einbau der Prothese.

Auf Grund unserer Versuchsergebnisse erscheint es notwendig, die Trachealstümpfe teleskopartig auf die Prothese aufzuschieben. (Versuchsgruppe B, D, E). Bei dieser Nahttechnik erreichten wir die längsten Überlebenszeiten und sahen die wenigsten Nahtinsuffizienzen. Ganz ungeeignet ist entsprechend unseren Ergebnissen wohl eine End-zu-End-Anastomose zwischen Prothese und Trachea mit Hilfe einer Blalocknaht. Um diese Naht durchführen zu können ist es notwendig, an beiden Anastomosenstellen der Trachea jeweils einen Knorpel aus seinem Bett zu entfernen. Das verbleibende Gewebe scheint nicht fest genug zu sein, um die Zugspannung an der Naht auszuhalten (Gruppe F).

3. Nahtmaterial.

Zur Anastomosennaht ist nur nichtresorbierbares Material geeignet, damit eine feste Verbindung aufrechterhalten bleibt während der Einheilung. Um einer Undichtigkeit der Anastomosen vorzubeugen, haben wir außerdem nur atraumatisches Nahtmaterial benutzt. Selbst

wenn durch unser Nahtmaterial ein Überschießen der Granulation bedingt wird, läßt sich das nicht ändern, da eine andere Befestigung der Prothese an der Trachea nicht gelungen ist. (Man kann bis jetzt z.B. die Prothese nicht ankleben). Sperling (40; 41) hat die Frage der Naht ausführlich diskutiert. Auch er hat sich auf ein Material (Chromcat) festgelegt. Man sollte aber doch nichtresorbierbarem Material noch den Vorzug geben, damit die Chance, daß es nicht so schnell zu einer Insuffizienz der Anastomose kommt, größer wird!

4. Nahttechnik und Abdichtung der Naht.

Bei den ersten zwei Versuchen legten wir außer der fortlaufenden Naht auch noch einzelne Knopfnähte an. Es hat sich jedoch gezeigt, daß eine fortlaufende Naht an jeder Anastomosenstelle völlig ausreicht, um die Prothese gut zu fixieren.

Durch die zusätzlichen Einzelknopfnähte werden Nahtinsuffizienzen sicher nicht vermieden. In Versuch Nr. 2 kam es trotz dieser zusätzlichen Sicherheitsmaßnahme zur Insuffizienz an der Anastomose.

Die Anastomose, wie ja auch die Prothesenwände, sollten zur sicheren Abdichtung gegen Luftdurchtritt (Gefahr der Sekundärinfektion !) in jedem Fall mit Thrombin besprüht werden. Es bildet sich mit dem im Operationsgebiet vorhandenen Blut ein abdichtender Fibrinfilz. Daß damit wirklich eine Abdichtung herbeigeführt werden kann, beweist die Tatsache, daß wir nie ein Hautemphysem beobachten konnten.

5. Stützmaterial.

Nach unseren Versuchsergebnissen der Gruppe A und B scheint ein starres Stützmaterial in unseren Versuchen PVC- für die Prothesen nicht geeignet. Die Versuchsergebnisse ließen sich deutlich verbessern, wenn flexibles Material verwendet wurde. Es ist anzunehmen, daß durch das starre Stützrohr eine Drucknekrose an der Anastomosenstelle entsteht. Diese Drucknekrose hat als Vorstufe der Nahtinsuffizienzen zu gelten (Zeichnung 3 !).

Andere Autoren kommen bezüglich starrer Materialien auch zu den gleichen Ergebnissen, wonach diese unbrauchbar sind.

6. Prothesenlänge und Länge der Resektion.

Das Flimmerepithel der Trachea beteiligt sich mit seinen oralwärts gerichteten Ciliarbewegungen entscheidend an der Entschleimung und Entkeimung der Luftröhre. Fällt diese Epithel über eine längere Strecke aus, dann wird der Reinigungsprozess empfindlich gestört.

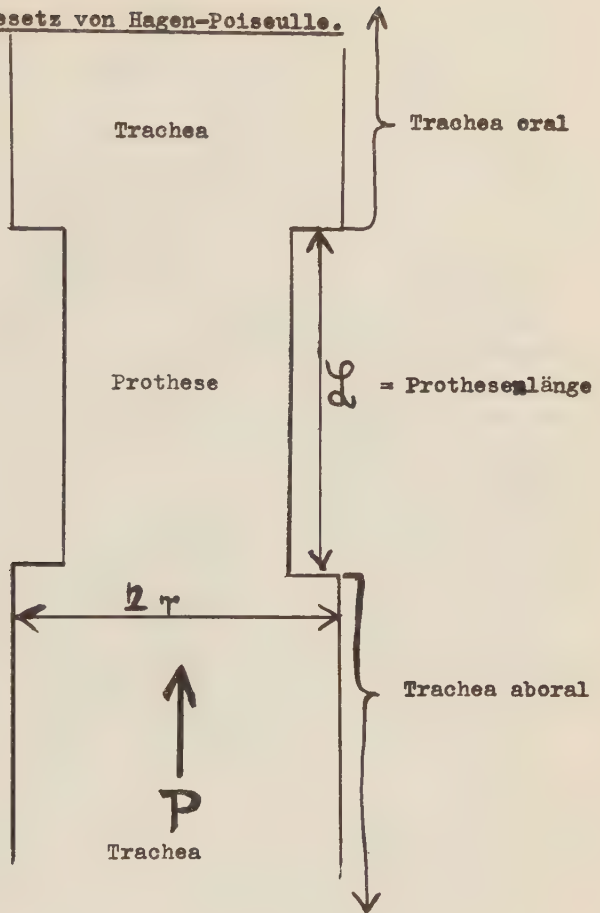
Wir haben deshalb in unseren Versuchen besonders darauf geachtet, ob nach einigen Wochen die Protheseninnenwand mit einer Epithelschicht überzogen wird.

Ein Epithel war an dieser fraglichen Stelle bei unseren Versuchen nicht zu beobachten.

Deshalb sind der Länge der Prothese und damit eng verbunden auch der Resectionslänge der Trachea Grenzen gesetzt. Es ist nämlich zu überlegen, ob dann nach dem Gesetz von Hagen-Poiseulle nicht folgendes gilt:

Dazu Zeichnung:

Zeichnung 2 : Zum Gesetz von Hagen-Poiseulle.



$2r$ = Durchmesser

P = Expirationsdruck
der Lunge (Pfeil!)

η = Zähigkeit des
Schleimes

M = Schleimmenge

Diese nebenstehenden Größen
ändern sich nur gering in
einer biologischen Variations-
breite. (Weiteres siehe Text!).

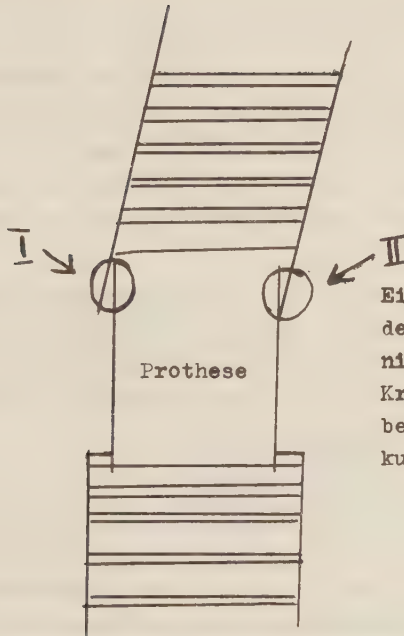
$$\frac{M}{T} = \frac{P}{L} \frac{r^4}{8} ; \quad \text{Nach } L \text{ aufgelöst: } L = \frac{P}{8} \frac{r^4}{M} T ; \quad (2)$$

Dabei ist: L = Länge; P = Druck; r = Radius; M = Flüssigkeitsmenge; T = Zeit; η = viscosität.

Entsprechend der Formel (2) folgt die Länge der Prothese also dem Gesetz von Hagen-Poiseulle. Sie ist also als eine nicht veränderbare Konstante anzusehen, da die einzelnen Faktoren des Quotienten in Formel (2) in erster Näherung aus leicht einzusehenden biologischen Gründen als unveränderbar gelten müssen: Weder der Druck von der Lunge her, noch die Zähigkeit des Trachealschleimes noch die Menge in der Zeiteinheit, noch der Radius der Trachea sind von Tier zu Tier wesentlich verschieden!

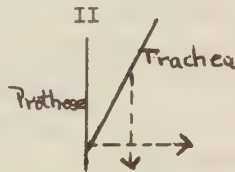
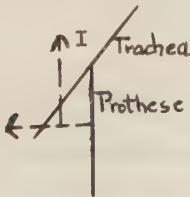
Somit ist zu sagen, daß neben den Stenosen in der Trachea auch diese eben diskutierte Tatsache zum Teil mit an den öfters beobachteten schweren Stauungspneumonien schuld ist; das heißt, daß die Pneumonien wohl oft auch erst sekundär entstanden sind, weil der Sekretabfluß ganz wesentlich eingeschränkt war.

Zeichnung 3

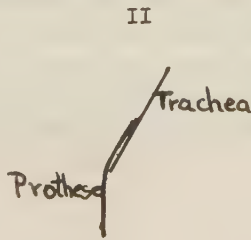
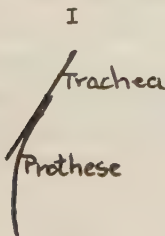


Eine starre Prothese folgt den Bewegungen der Trachea nicht nach. In den beiden Kreisen I und II sind bereits die Verhältnisse kurz angedeutet.

Über die auftretenden Zugspannungen im Nahtgebiet gibt die nachfolgende Skizze genauer Auskunft:



Wenn die Prothese starr ist, treten die durch die Pfeile angedeuteten Zugspannungen besonders in Erscheinung. Es kommt zum Reißen der Naht. Ist die Prothese flexibel, wird die Naht der Bewegung der Trachea nicht so ausgesetzt sein, da die Prothesenenden der Bewegung der Trachea folgen können:



7. Nahtinsuffizienzen.

Nahtinsuffizienzen entstehen:

- 1) Bei zu großem Mißverhältnis der Lumina von Prothese und Trachea. Eine zu große Prothese dehnt das Trachealgewebe so stark, daß die Prothese ausgestoßen wird. Ein Mißverhältnis ist aus diesem Grund in jedem Fall zu vermeiden.
- 2) Bei Verwendung von zu starrem Stützmaterial, Das starre Material führt an den Anastomosen zu Drucknekrosen und damit sekundär zu Nahtinsuffizienzen.
- 3) Durch zu starke longitudinale Zugspannung an den Anastomosenstellen. Diese treten auf, wenn die Prothese im Verhältnis zum resezierten Trachealabschnitt zu kurz ist, oder die Trachealstümpfe zu weit auf die Prothese aufgeschoben wurden (Zeichnung 3).

8. Stenosen an der Anastomosenstelle.

Durch überschießendes Granulationsgewebe entstanden an den Anastomosen Verengungen des Tracheallumens. Diese Stenosen traten vor allem an der proximalen Naht auf. Mit dieser Beobachtung decken sich die Befunde von Holle und Viereck. Diese Autoren stellen diese Stenosen an der oralen Naht als das zentrale noch nicht geklärte Problem der Trachealprothetik heraus (28). Das Überschießen der Granulation dürfte als eine Reaktion auf einen besonders starken Reiz zu werten sein. Dafür könnte wohl folgende Erklärung zutreffen: Der Reiz kann ausgelöst sein:

- 1) Durch ein zu großes Mißverhältnis in den Durchmessern der Prothese und der Trachea. Wenn die Prothese zu groß ist, wird der Druckreiz auf die Trachea größer als bei normalen Verhältnissen. Diese Tatsache klärt aber nicht die Entstehung der Stenose nur an der oralen Naht.
- 2) Für das Entstehen an der oralen Naht läßt sich vielleicht die folgende mechanische Überlegung als Erklärung finden. Durch das kraftvollere Inspirium werden an der ersten Unebenheit in der Trachea dort Keime und kleinste Fremdkörper angelagert. Dadurch entstehen immer von neuem an dieser Stelle kleine Entzündungsherde, die dann organisiert werden. Dieser fortwährende Fremdkörperreiz erklärt vielleicht das Entstehen der oralen Stenose. Mit Sicherheit ist die erste Unebenheit in der Trachea die orale Naht.

9. Zusammenfassender Vergleich mit den Berichten anderer Autoren.

a) Abdichtung der Prothesenwände:

Bornemisza hat mit einer ähnlichen Methode gearbeitet (3). Vor Einbau seiner Prothesen legte er diese in eine sterile Schale mit Blut und bespritzte dann unmittelbar vor Verwendung die Prothese mit Thrombofort. Er erzielte damit eine sichere Abdichtung des Kunststoffes.

b) Stenosierung des Lumens:

Schon Levit berichtet vom Auftreten von Stenosen (34). Außerdem Ekeström (12), Stipa (54). Das Auftreten der Stenosen vor allem an der oralen Nahtstelle beobachteten auch Holle und Mitarbeiter (28). In der Zusammenfassung wird die Stenose als das zentrale Problem der Trachealprothetik angesehen. In keiner der genannten Arbeiten wird für die Bildung der Stenosen an der oralen Naht eine Begründung angegeben.

c) Nahtinsuffizienzen:

Von Nahtinsuffizienzen sprechen: Ekeström (12), Holle (20), Matthes (38), Stipa (54) und Voena (56).

d) Neubildung eines Epithels an der Innenseite der Prothese:

Autoren, die mit Kunststoffen arbeiteten, konnten nie von einer Epithel-Neubildung berichten. Diese Feststellung bezieht sich nur auf ein wirklich funktionstüchtiges respiratorisches Epithel.

e) Verwendung von harten Kunststoffen:

Manche Autoren berichten durchaus von Erfolgen mit harten Kunststoffen (siehe Literaturteil !). Hier soll nur noch kurz die Unbrauchbarkeit dieser Materialien besprochen werden. Andere starre Materialien wie Glas und Vitallium, die vielfach Verwendung fanden, führten schon nicht zu dem erwünschten Ergebnis. Hier sei nur Staudacher (52) erwähnt. Holle lehnt die Verwendung fester Materialien ebenfalls ab (28). Zum Schluß möchte ich noch zwei Eigenreferate mitteilen.

Oettel sagte, daß die Voraussetzung für die Brauchbarkeit eines Kunststoffes ein Mindestmaß an Maschen ist. Diese Maschen müssen vorhanden sein, um dem Granulationsgewebe Gelegenheit zu geben,

in den Kunststoff hineinzuwachsen. (80. Tagung der deutschen Gesellschaft für Chirurgie in München, die gedruckten Referate liegen noch nicht vor).

Stipa sagte in einer persönlichen Mitteilung, daß Kunststoffe in der Form wie sie ihm vorgelegen hätten nicht zum Tracheaersatz geeignet wären. Er hatte bei seinen Versuchen hartes Teflon verwendet.

E. B i l d t e i l .

Die Abbildungen 1-4 stellen den Operationsablauf ganz kurz im wesentlichen dar.

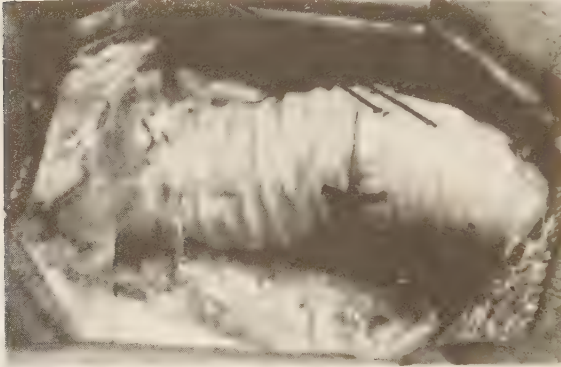


Abbildung 1: Die Trachea ist dargestellt, die Schnittlinie für die Resektion angedeutet. Haltefaden im aboralen Teil.



Abbildung 2: Die Trachea ist in der angegebenen Schnittlinie durchtrennt. Haltefäden im oralen Teil. Jetzt beginnt der Einbau der Prothese.



Abbildung 3:Die orale Naht ist fertiggestellt.
Die aborale Naht wird genauso durchgeführt.



Abbildung 4:Die Prothese ist eingebaut.
Mit Thrombin werden jetzt Prothesenwand und
Nähte noch abgedichtet.Dann erfolgt Verschluss
des Operationsgebietes.

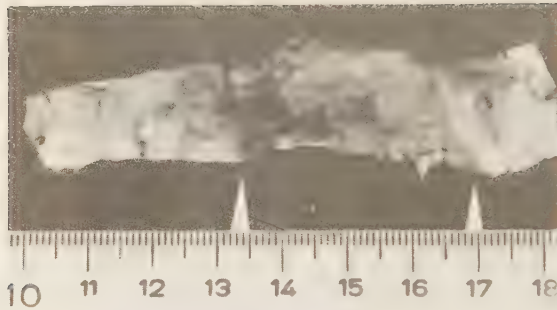


Abbildung 5: Das resezierte Stück ist nach 40 Tagen durch Granulationsgewebe vollständig ersetzt. Die Strecke liegt zwischen den beiden Keilen.

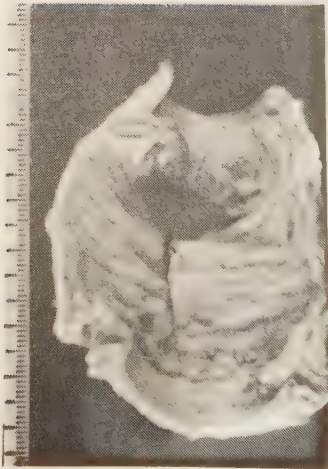


Abbildung 6.

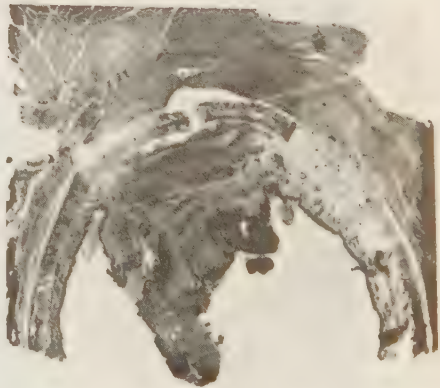


Abbildung 7: Auf Abbildung 6 und 7 sieht man makroskopisch und im histologischen Präparat die orale Stenose. Diese Stenose stellte die Ergebnisse immer wieder in Frage.

Abbildung 7 - 11 :Histologische
Präparate.In verschiedenen Ver-
größerungen sieht man den Ein-
bau des Kunststoffes.

Kunststoff

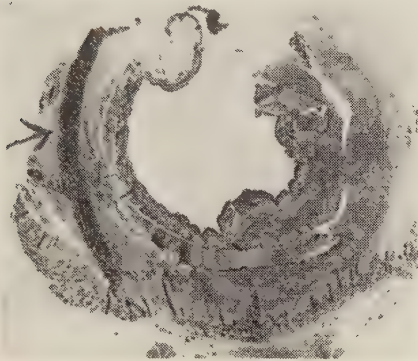


Abbildung 8: Versuch 7.Vergr.3,5 x.

Kunststoff



Abbildung 9: Versuch 7.Vergr.21 x.

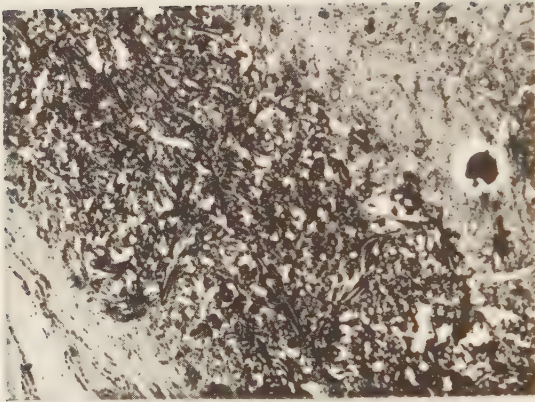


Abbildung 10: Versuch 4. Vergr. 47 x.
Vom umgebenden Gewebe sprosst Granulations-
gewebe in die Kunststoffmaschen ein.

Kunstst.

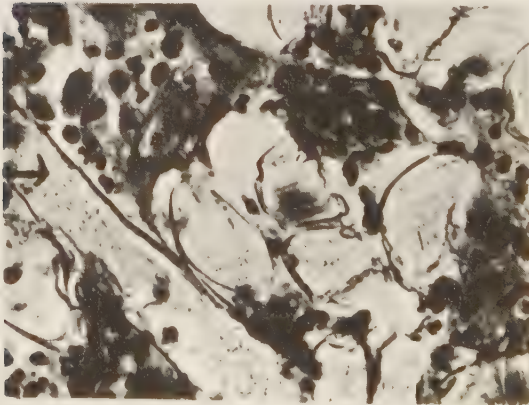


Abbildung 11: Versuch 10. Vergr. 720 x.
Man sieht deutlich den hellen Kunststoff
und die dunklen Fibrocyten.

F. Zusammenfassung.

Ziel dieser Arbeit war, die Verwendbarkeit verschiedener Kunststoffprothesen zum Ersatz der extrathoracalen Trachea zu prüfen. Zur Verwendung kamen die Kunststoffe Dacron und vor allem Teflon. In vier Fällen wurde Teflon ohne zusätzliche Stützmaterialien zur Deckung von partiellen Tracheadefekten (Tracheafenstern) benutzt.

Die Versuche wurden an 21 Hunden ausgeführt. Zwei Tiere scheiden für die Beurteilung der Versuchsergebnisse aus, da sie durch Narkosefehler unmittelbar nach der Operation starben.

Dacron und insbesondere Teflon sind nach unseren Ergebnissen gut für den Tracheaersatz geeignet.

Große Schwierigkeiten bereitete die Notwendigkeit diese Kunststoffe zu stützen. Als Stützmaterial kommen vor allem flexible Stoffe in Frage. Harte Materialien, wie PVC-Rohre haben sich nicht bewährt, da bei diesem Material in erhöhtem Maß die Gefahr von Nahtinsuffizienzen besteht.

Zur Anastomose zwischen Kunststoff und Trachea kamen atraumatische Seidennähte der Stärke 00 zur Anwendung.

Die besten Ergebnisse erzielten wir, wenn die Prothese in die Tracheastümpfe eingeschoben wurde. Dabei ist allerdings darauf zu achten, daß kein Mißverhältnis zwischen dem Lumen der Prothese und dem Tracheallumen besteht. Es kommt sonst zur Drucknekrose und nachfolgenden Nahtinsuffizienz oder zur überschießenden Granulationswucherung mit Stenosebildung.

Um Prothesengebiet und Anastomosen sicher luftdicht abzuschließen, wurde nach dem Einbau der Prothese in feiner Verteilung Thrombin in das Operationsgebiet eingespritzt. Damit bildet sich mit dem im Wundgebiet vorhandenen Blut ein dünner Fibrinfilz, der eine vollständige Abdichtung bewirkt.

Der Länge der Prothese sind aus biologischer und physikalischer Sicht Grenzen gesetzt, da nach unsren Versuchen keine Epithelialisierung der Prothese erfolgt. Die Prothese kann jedoch ruhig kürzer sein als die Resektionslänge der Trachea, da diese immer so dehnungsfähig ist, daß, wenn die Längenunterschiede nicht zu groß werden, immer noch eine Anastomose hergestellt werden kann.

Literaturverzeichnis.

- 1.) Belsey R. : Resection and reconstruction of the intrathoracic trachea. Brit.J.Surg. 38;200 (1950).
- 2.) Bikfalvi; Kassay : Bronchialadenome. Thoraxchir.Heft 1 und 2 (1955).
- 3.) Bornemisza G. : Experimenteller Ersatz von Trachealdefekten mit Hilfe der auto-alloplastischen Methode. Brunn's Beitr.Klin.Chir. 202;368-376 (1961).
- 4.) Bramann C. von : Operativer Verschluss eines thorakalen Trachealdefektes. Deutsch.Med.J. 12;177-178(1961).
- 5.) Brewer L.A. : Plastische Möglichkeiten zur Deckung von Trachea- und Bronchialdefekten.Referat Ztrbl.f.Chir. 86;2139 (1961).
- 6.) Brunner : Bronchustuberkulose und ihre chirurgische Behandlung. Beitr.Klin.Tbk. 104;50-54;79-80 (1950).
- 7.) Caham : J.Thorac.Surg. 23;513 (1952).
- 8.) Carter; Strieder : Referat im Zentralorgan f.Chir. 120;58-69(1951).
- 9.) Connolly J.E. : Homotransplantation in dogs. Surg.Forum 47-53(1950).
- 10.) Dor J. et al : Plastie Tracheo-Bronchique Par Plaque Nylon Amnions Travail Expérimental.Presse med. 59;1389 - 1390 (1951).
- 11.) Dupuytren : Zitiert bei Nr. 58 .
- 12.) Ekeström S. : Experimental reconstruction of intrathoracic trachea. Preliminary report of experimental reconstruction in dogs with fascia supported by Teflon(poly-tetrafluorethylene).Acta chir.Scandinav. 110; 367-372 (1956).
- 13.) Ekeström S.; Carlens E. : Teflon Prosthesis in tracheal defects in man.Acta chir.Scandinav 245; 71-75 (1959).
- 14.) Gebauer : The use of dermal grafts for tuberculous stenosis of the trachea and bronchi. Hawaii M.J.8;413-418 (1949).
- 15.) Gebauer : Plastic reconstruction of healed tuberculous broncho-stenosis with dermal grafts. J.thorac.Surg. 19; 604-628 (1950).
- 16.) Gebauer : Further experiences with dermal grafts for healed tuberculous stenosis of the bronchi and trachea. J.thorac.Surg. 20;628-647 (1950).

- 17.)Gebauer :Reconstructive surgery of the trachea and bronchi;
late results with dermal grafts.J.Thorac.Surg.
22;568-584 (1951).
- 18.)Ghiringelli et al :Esperimenti sulle protesi tracheali:
sostituzione di un tratto di trachea
cervicale con protesi definitive di poli-
etilene.Minerva chir. 10;1219-1223(1955).
Zit.Z.HNO 55;176 (1956).
- 19.)Giordani M :Repair and reconstruction of trachea and large
bronchi.(It!)Anat.e Chir. 1;35-68 (1956).
- 20.)Gluck;Zeller :Zitiert bei Nr.58;60.
- 21.)Grindlay J. :Method of making tubes of polyethylen film for
use in Anastomosis of the commune bile duct,
trachea and pelvic colon.Surgery (St.Louis)
24;22-29(1948).
- 22.)Grosse;Landerer :Zitiert bei Nr.58;60.
- 23.)Hanlon C. :Observations on the use of gelatine sponge in
closure of experimentally produced defects of
the trachea.Surg.Gyn.Obstet. 86;551 (1948).
- 24.)Hohmeier F. :Eine neue Methode zur Deckung von Tracheal-
defekten.Münchener Med.Wchschr. 58;984(1911).
- 25.)Holle;Viereck :Die Bronchialstumpfersorgung mit frei-
transplantierten Periostlappen.
Langenbeck's Arch. 269;448-461 (1951).
- 26.)Holle :Über die Verwendung und Einheilung freier Transplan-
tate am Tracheobronchialbaum. Langenbeck's Arch. 273;
(1953).
- 27.)Holle :Über die Heilungsbedingungen des Tracheobronchial-
baumes und seinen plastischen Ersatz. Langenbeck's
Arch. 277;Heft 1 (1953).
- 28.)Holle et al :Grenzen und Möglichkeiten der Trachealplastik.
Langenbeck's Arch. 283;540 (1956).
- 29.)Jackson et al :An experimental study in bronchial anastomosis.
J.Thorac.Surg.18;630-642 (1949).
- 30.)Jackson et al :The experimental use of homogenous tracheal trans-
plants in the restoration of continuity of the
tracheobronchial tree.J.Thorac.Surg.20;598(1950).

- 31.) König Jun. : Zitiert bei Nr. 60.
- 32.) Kothe W. : Plastischer Einbau in den Oesophagus von Hunden.
78. Tagung der dt. Ges. f. Chir. 1961 München.
- 33.) Kuester : Zitiert bei Nr. 60.
- 34.) Levit H. : Deckung von Trachealdefekten mit freien Transplantaten von fascia lata. Arch. f. klin. Chir. 97; 686 (1912).
- 35.) Maisel; Dingwall : Surgery (St. Louis) 27; 726-729 (1950).
- 36.) Mangoldt von : Zitiert bei Nr. 60.
- 37.) Marrangoni J. : Homotransplantation of tracheal segments preserved by lyophilization; an experimental study. J. Thorac. Surg. 21; 398-401 (1951).
- 38.) Matthes Th. : Experimenteller Beitrag zur Frage der Wiederherstellungschirurgie an Trachea und Bronchien. Brunn's Beitr. Klin. Chir. 192; 216-223 (1956).
- 39.) Matthes Th. : Resektionsmöglichkeiten bei Geschwülsten des intrathorakalen Abschnittes der Trachea und ihre Kontinuitätswiederherstellungen. Chirurg 29; 32-36 (1958).
- 40.) Matthes Th. : Wiener Med. Wchschr. 109; 915 (1959).
- 41.) Matthes Th. : Fragen zur experimentellen Trachearesektion. Medizinisch wissenschaftliche Gesellschaft a. d. Univ. Greifswald und Rostock. 23/24. 9. 1960.
- 42.) Metras H et al : Plastic tracheobronchial reconstruction. (Fr!) J. franc. med. et chir. thorac. 9; 121-135 (1955)
- 43.) Neudörfer : Zitiert bei Nr. 58; 60.
- 44.) Photiades : Zitiert bei Nr. 58.
- 45.) Rassmussen R. A. : An effective method for bronchial closure, J. Thorac. Surg. 21; 513-515 (1951).
- 46.) Rathke L. : Der Verschluss von Defekten in der Trachea mittels freier Fascientransplantation im Tierversuch. Langenbeck's Arch. 270; 237-239 (1951).
- 47.) Riberi A. : Bronchial and tracheal repair and pedicled pericardial grafts. An experimental study. Arch. Surg. 83; 212-217 (1961).
- 48.) Römer K. : 78. Tagung der dt. Ges. f. Chir. 1961 München.
- 49.) Schimmelbusch : Zitiert bei Nr. 60.

- 50.) Sperling E. : Beobachtungen bei experimentellen Bronchus-anastomosen. Thoraxchirurgie 9; 572-585 (1962).
- 51.) Sperling E. : Resektion der Trachealbifurkation im Tier-experiment. Thoraxchirurgie 10; 43-52 (1962).
- 52.) Staudacher et al : Tentativi di resezione bronchiale con ristabilimento della continuità mediante anastomosi termino-terminale (Ricerche sperimentali). Chirurgia (Milano) 5; 1-10 (1950).
- 53.) Staudacher et al : La resezione della carina tracheale isolata e in associazione a pneumec-tomia. Chirurgia (Milano) 6; 105-116 (1951).
- 54.) Stipa S. et al : Ricerche sperimentali di chirurgia tracheale. I. Plastiche tracheali con scheletro di teflon su tubo guida. Clin. Otorinolaringoiatr. 12; 227-254 (1960).
- 55.) Taffel M. : The repair of tracheal and bronchial defects with free fascia grafts. Surgery 8; 56-71 (1940).
- 56.) Voena G. et al : Sostituzione della trachea cervicale con tubi di dacron . Studio sperimentale nel cane. Minerva Otorinolaringoiatr. 11; 143-207 (1961).
- 57.) Volmar : Polypropylene für prothetische Zwecke in der Chirurgie. Langenbeck's Arch. 279; 584 (1961).
- 58.) Yasargil : Beitrag zur plastischen Überbrückung der thoracalen Trachealdefekte , experimentelle Unter-suchungen. Thoraxchirurgie 5; 470-484 (1958).
- 59.) Yasargil : Beiträge zur plastischen Überbrückung der thorakalen Tracheal- und Oesophagusdefekte. Endergebnisse der experimentellen Untersuchungen. Thoraxchirurgie 7; 361-365 (1959).

Beachte zu diesem Thema:

- 60.) Denker Kahler : Handbuch der HNO 1928 Springer Verlag
Berlin - München.

Zum Schluß obliegt mir noch die angenehme Pflicht zu danken:

Herrn Professor Dr. med. Rudolf Z e n k e r für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Herrn Privatdozent Dr. med. Dr. phil. Sebastian K a r n b a u m für die freundliche Überlassung des Themas.

Herrn Dr. med. Rudolf P a r h o f e r für die freundliche Hilfe beim Entstehen dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich an dieser Stelle den Behringwerken in Marburg/Lahn und den Farbwerken Höchst danken für die großzügige Überlassung von Probemengen Thrombinum purum Behringwerke, Boviserin, Reverin.

Recht herzlich danken möchte ich auch nochmals an dieser Stelle meinen Studienkollegen, die mir bei den Versuchen sehr wertvolle Hilfe geleistet haben, Herrn Reinhard Schmid und Herrn Eberhard Schlindwein. Ebenso danke ich den Tierpflegern der Klinik.

L e b e n s l a u f .

Am 25. März 1939 wurde ich Peter, Franz, Maria N a r d i als eheliches und einziges Kind meiner Eltern in Leverkusen geboren. Mein Vater ist Bakteriologe, meine Mutter Ärztin. Ich besuchte von 1945 bis 1949 zuerst in Ebersberg bei München, dann in Bamberg die Volksschule. In Bamberg trat ich auch in das humanistische Gymnasium ein. Das Abitur legte ich in München am humanistischen Ludwigsgymnasium 1959 ab. Seit dem Wintersemester 1959/60 studiere ich an der medizinischen Fakultät der Universität München. Das Vorphysikum legte ich 1960 im Oktober ab. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im April 1962. Neben dem Medizinstudium hörte ich mehrere Semester zoologische Vorlesungen, vor allem über Verhaltensforschung. Mit dem Staatsexamen und der vorliegenden Doktorarbeit möchte ich im Frühjahr 1965 mein Medizinstudium beenden.



